



[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Maschine mit Wicklungsköpfen, mit wassergekühltem Ständer und luftgekühltem Läufer.

[0002] Elektrische Maschinen werden als Antriebe verwendet, wobei es sich dabei vielfach um Drehstrommaschinen handelt. Zur Kühlung der elektrischen Maschine werden sowohl flüssige Medien wie Wasser als auch gasförmige Medien wie Luft verwendet.

[0003] Aus der DE 27 16 184 A1 ist sowohl eine elektrische Maschine mit wassergekühltem Ständer und luftgekühltem Läufer als auch eine einzig und allein luftgekühlte durchzugbelüftete elektrische Maschine mit doppelseitiger oder einseitiger Belüftung bekannt. Bei Wasserkühlung des Ständers erfolgt die Kühlung über einen Wassermantel. Nachteilig beim Stand der Technik ist die unzulängliche Führung des Wassers als flüssiges Kühlmedium. Weiterhin verhindert eine Kapselung bei der Kombination aus Wasser- und Luftkühlung eine optimale Kühlung der elektrischen Maschine und erhöht die Kosten. Darüber hinaus ergeben sich bei der offenbarten Kombination aus Wasser- und Luftkühlung konstruktionsbedingt komplexe und teure Aufbauformen der Kühlung, was einer kompakten Bauweise entgegensteht. Im Fall der einzig und allein durchzugbelüfteten elektrischen Maschine wird eine ansonsten wirksame Wasserkühlung des Ständers aufgegeben. Hieraus ergibt sich eine verschlechterte Kühlung des Ständers und eine daraus resultierende verschlechterte Ausschöpfung des Leistungspotentials, bzw. der Lebensdauer der elektrischen Maschine. Weiterhin erzeugt der bzw. erzeugen die zur Kühlung von sowohl dem Ständer als auch dem Läufer notwendigen Lüfter einen relativ hohen Geräuschpegel.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine elektrische Maschine der eingangs genannten Art so auszubilden, dass bei guter Kühlleistung auch eine kompakte Bauweise ermöglicht ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine elektrische Maschine der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Läufer durchzugbelüftet ist und dass die Maschine zum Antrieb eines Fahrzeugs vorgesehen ist.

[0006] Unter Fahrzeugen sind eine Vielzahl von Mitteln zur Fortbewegung und/oder des Transportes zu verstehen. Beispiele hierfür sind Schienenfahrzeuge, Kraftfahrzeuge wie Personenkraftwagen oder Lastkraftwagen. Gerade im Bereich der Kraftfahrzeuge ist bereits eine Wasserkühlung für Verbrennungsmotoren bekannt, welche auch als Wasserkühlung bei einer elektrischen Maschine nutzbar ist. Insbesondere im Bereich der Schienenfahrzeuge, d. h. der Bahnen finden bereits heute vielfach, wenn nicht sogar hauptsächlich Elektromotoren als Bahnmotoren Anwendung. Als Schienenfahrzeuge sind beispielhaft Straßenbahnen, Schwebbahnen, Loks oder Triebzüge zu nennen. Elektrische Maschinen der Schienenfahrzeuge sind neben Gleichstrommaschinen auch Wechselstrommaschinen, worunter Synchronmaschinen und in der angesprochenen Verwendung insbesondere Asynchronmaschinen fallen. Asynchronmaschinen sind u. a. robust und wartungsarm, weshalb sie verstärkt zum Antrieb von Schienenfahrzeugen Verwendung finden.

[0007] Die Kombination aus wassergekühltem Ständer und durchzugbelüftetem Läufer bietet sehr gute Kühleigenschaften bei geringem konstruktivem Aufwand. Sind der Ständer und der Läufer wassergekühlt, so ergeben sich konstruktiv höhere Aufwendungen und Kosten für die Läuferkühlung, wie diese bei wassergekühlten Wellen einer elektrischen Maschine durch deren Rotationsbewegung bereits bekannt sind. Für den Fall eines luftgekühlten Läufers mit

geschlossenem Innenkreis ist die Wärme zuerst an den Ständer und/oder an das Gehäuse der elektrischen Maschine abzugeben, bevor die Abgabe der Wärme durch den Ständer und/oder das Gehäuse an die Umgebung erfolgt. Dieses

Konzept des geschlossenen Innenkreises ist durch die geminderte Kühlwirkung, welche eine hohe thermische Belastung des Läufers nicht ausschließen kann und die daraus resultierende verminderte Leistung und/oder eine verminderte Lebensdauer der elektrischen Maschine bei einer entsprechenden Auslegung von Nachteil. Die optimierte Kombination aus wassergekühltem Ständer und durchzugbelüftetem Läufer führt einerseits zu einer geringeren thermischen Belastung des Läufers, wobei damit beispielsweise eine erhöhte Lebenserwartung bzw. größere Wartungsintervalle zu erzielen sind und andererseits zu einer höheren Leistungsdichte bzw. Ausnutzung der elektrischen Maschine, welche sowohl Kostenvorteile bietet als auch bei gleicher Leistung im Vergleich zu herkömmlichen elektrischen Maschinen eine kompaktere Bauweise ermöglicht.

[0008] In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Ständer Kühlkanäle auf. Diese sind Teil des Ständerblechpaketes und ermöglichen auf diese Weise durch die Einsparung eines Kühlmantels mit Kühlkanälen für die Wasserkühlung einen kompakteren Aufbau der gesamten elektrischen Maschine. Die Kühlkanäle sind verschieden ausführbar, sei es in axialer oder auch radialer Richtung. Eine kompaktere Bauweise ergibt sich zudem aus dem Umstand, dass kein geschlossener Innenkreis für einen internen Luftkreislauf ausgeführt werden muss.

[0009] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist die Maschine einen Kühlmantel auf. Dieser weist Kühlkanäle auf und liegt zumindest teilweise auf dem Ständer auf. Durch die Verwendung eines Kühlmantels ist vorteilhafter Weise der Aufbau der Wasserkühlung so gestaltet, dass der Kühlmantel über den Ständer zumindest teilweise hinausragt und somit in nicht unerheblichem Masse auch zur Kühlung der Wicklungsköpfe beiträgt. Im Gegensatz zu dem aus der DE 27 16 184 bekannten Wassermantel bieten Kühlkanäle für die Wasserkühlung den Vorteil einer gerichteten Kühlströmung und Kühlwirkung.

[0010] Weiterhin ist eine elektrische Maschine besonders vorteilhaft, bei der die Wicklungsköpfe einen Verguss aufweisen. Durch einen Verguss der Wicklungsköpfe werden die dem Fachmann diesbezüglich bekannten Vorteile, wie der Schutz der Wicklungsköpfe oder deren Fixierung genutzt. Darüber hinaus ist der zumindest teilweise direkte Kontakt von Verguss und Kühlmantel vorteilhaft für die Kühlung, da durch die Wasserkühlung ein schneller Abtransport der Wärme gewährt ist.

[0011] Vorteilhafter Weise weist der Verguss der Wicklungsköpfe oberflächenvergrößernde Strukturen auf. Der Abtransport der Wärme der Wicklungsköpfe erfolgt nicht alleine über die Kühleinrichtung des Ständers, d. h. über den Kühlmantel oder über Kühlkanäle der Ständermuten, die vorteilhafter Weise zumindest teilweise über den Ständer hinausragen und vorzugsweise mit in dem Verguss der Wicklungsköpfe liegen, sondern auch über die Kühlluft des durchzugbelüfteten Läufers. Zur Verbesserung der Kühlwirkung durch die Kühlluft, weist der Verguss der Wicklungsköpfe zumindest im Bereich des Kontakts mit der Kühlluft zumindest teilweise oberflächenvergrößernde Strukturen auf. Dies kommt den erhöhten Kühlanforderungen von Wicklungsköpfen entgegen.

[0012] Vorteilhafter Weise weist die elektrische Maschine zumindest einen Fremdlüfter auf. Der Fremdlüfter erzeugt einen Luftstrom zur Durchzugbelüftung der elektrischen Maschine und insbesondere zur Kühlung des Läufers. Fremdlüfter sind vorteilhafter Weise so einsetzbar, dass

diese es ermöglichen, mehr als eine elektrische Maschine mit einem Fremdlüfter zu belüften.

[0013] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist die elektrische Maschine zumindest einen Eigenlüfter auf. Eigenlüfter bieten den Vorteil der Nutzung der Drehbewegung der Welle der elektrischen Maschine. Dadurch, dass die Luftkühlung mit der Wasserkühlung kombiniert ist, reduziert sich die notwendige Kühlleistung des Lüfters im Vergleich zu einer nur luftgekühlten elektrischen Maschine. Dies bietet sowohl bei einem Eigenlüfter als auch bei einem Fremdlüfter den Vorteil einer kompakteren Bauweise, durch kleinere Lüfter. Weiterhin wird durch die kleineren Lüftergrößen die Geräuschemission gemindert. Gerade auch dies ist ein Vorteil, da die Lärmbelastung als Umweltbelastung anzusehen ist und gerade bei hohen Drehzahlen zum tragen kommt.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung der elektrischen Maschine ist als Eigenlüfter ein Sauglüfter vorgesehen. Bei Verwendung nur eines Eigenlüfters ist ein Sauglüfter von Vorteil, da so stärkere Verwirbelungen im Einlassbereich der Luft vermieden werden.

[0015] Vorteilhafter Weise ist die elektrische Maschine dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der Kühlluft durch die Wicklungsköpfe geführt ist. Wird auf einen Verguss der Wicklungsköpfe verzichtet oder befinden sich im Verguss der Wicklungsköpfe offene Kanäle, so verbessert die zumindest teilweise Führung der Kühlluft durch die Wicklungsköpfe die Kühlwirkung auf die Wicklungsköpfe. Diese verbesserte Kühlung hat die allgemein schon benannten Vorteile wie beispielsweise eine erhöhte Leistungsausnutzung zur Folge.

[0016] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

[0017] Fig. 1 eine elektrische Maschine mit Kühlmantel und einem Eigenlüfter,

[0018] Fig. 2 eine elektrische Maschine mit Kühlmantel und vergossenen Wicklungsköpfen,

[0019] Fig. 3 eine elektrische Maschine mit Kühlmantel und zwei Eigenlüftern und

[0020] Fig. 4 eine elektrische Maschine mit Kühlmantel und durchzugbelüfteten Wicklungsköpfen.

[0021] Die Darstellung gemäß Fig. 1 zeigt den Querschnitt einer elektrischen Maschine, wobei allerdings nur die obere Hälfte des Querschnitts dargestellt ist, jedoch ein Großteil der Elemente eines ganzen Schnitts durch Spiegelung an der Symmetrielinie 114 zu erhalten ist. Die dargestellte elektrische Maschine ist eine Asynchronmaschine mit einem Ständer 11, einem Läufer 12 und Wicklungsköpfen 13. Sowohl der Ständer 11 als auch der Läufer 12 sind geblecht ausgeführt, wobei die Blechung 118 durch senkrechte Striche dargestellt ist.

[0022] Innerhalb des Läufers 12 befindet sich zumindest ein Läuferdurchtritt 17. Läuferdurchtritte 17 sind vorzugsweise rotationssymmetrisch innerhalb des Läufers 12 angeordnet und dienen zur Durchleitung von Luft und zur Kühlung des Läufers 12. Mit Hilfe von Pfeilketten 119 ist der Verlauf der Luft zur Kühlung dargestellt. Der Eintritt der zur Kühlung verwendeten Luft erfolgt gemäß der Pfeilkette 119 im Bereich des Lufteintritts 15 und führt dann durch den bzw. die Läuferdurchtritte 17 zum Sauglüfter 14, der die Luft ansaugt. Gemäß der Pfeilkette 119 in der rechtsseitigen Figurenhälfte tritt die durch den Sauglüfter 14 angesaugte Luft durch den Luftaustritt 16 aus der Asynchronmaschine aus. Sowohl der Lufteintritt 15 als auch der Luftaustritt 16 befinden sich im schraffiert dargestellten Lagerschild 116 der elektrischen Maschine. Ein zumindest teilweiser Verlauf der Luft im Luftspalt zwischen dem Ständer 11 und dem

Läufer 12 ist möglich, jedoch in der Fig. 1 nicht dargestellt. Wird der Raum in welchem sich der Läufer 12 befindet an den Stirnseiten von etwas anderem als einem Lagerschild 116 begrenzt, so sind auch in dieser Begrenzung Öffnungen zum Austausch von Luft vorsehbar.

[0023] Ist der Läuferdurchtritt 17 nahe dem Kurzschlussring 115 positioniert, so wird auch dieser durch die Luft verstärkt gekühlt. Der Sauglüfter 14 erfüllt die Aufgabe die Luft über den Lufteintritt 15 anzusaugen um nach erfolgter Kühlung des Läufers 12 diese über den Luftaustritt 16 aus der elektrischen Maschine herauszudrücken. Dabei ist der Sauglüfter 14 auf der Welle 122 aufgesetzt und dreht sich mit dieser in rotatorischer Bewegungsrichtung. Die Schaufeln 117 des Sauglüfters 14 sind so ausgebildet, dass eine hohe Saugleistung erzielt wird und der zur Verfügung stehende Raum optimal ausgenutzt ist.

[0024] In der vorliegenden Fig. 1 sind die Außenseiten der beispielhaft gezeigten Schaufel 117 gerundet, wobei die rechtsseitige Hälfte der Schaufel 117 verstärkt ausgeführt ist. Durch das Lager 113 ist die den Läufer 12 und den Sauglüfter 14 tragende Welle 122 drehbar aufgehängt. Aus Fig. 1 ist klar ersichtlich, dass die dargestellte Durchzugbelüftung, den Läufer 12 gut kühlt, wobei allerdings auch Kühleffekte bezüglich des Ständers 11 nicht zuletzt durch den Luftspalt zwischen Ständer 11 und Läufer 12 auftreten und weitere Kühleffekte bezüglich der Wicklungsköpfe 13 sich auch durch den Kontakt von Luft, welche als Kühlluft verwendbar ist, mit diesen ergeben.

[0025] An das Lagerschild 116, welches in der Fig. 1 schräg von unten links nach oben rechts schraffiert ist, schließt sich in der oberen Bildhälfte ein umgekehrt schraffierter Kühlmantel 111 an. Dieser weist halbrunde Kühlkanäle 18 auf, wobei diese von einem flüssigen Kühlmedium, vorzugsweise Wasser durchflossen werden. Das zur Kühlung des Ständers 11 verwendete flüssige Kühlmedium wird über den Kühlkanaleinlass 19 in die Kühlkanäle 18 geführt um nach erfolgter Kühlwirkung bzw. nach Durchlauf der Kühlkanäle 18 über den Kühlkanalauslass 110 den Kühlkanal 18 wieder zu verlassen. Der Kühlmantel 111 dient hauptsächlich zur Kühlung des Ständers 11, wobei auch über Konvektion und Wärmeleitung eine Kühlwirkung bezüglich der Wicklungsköpfe 13 bzw. auch gegenüber dem Läufer 12 erzielbar ist. Der Vorteil der Kombination von wassergekühlten Ständer 11 und durchzugsbelüfteten Läufer 12 ist die im Vergleich zu einer reinen Luftkühlung von Ständer 11 und Läufer 12 und zu einem geschlossenen Luftinnenkreis mit wassergekühlten Ständer 11 die verbesserte Kühlung. Durch diese auch auf kostengünstige Weise erzielbare Verbesserung kann auch die Leistungsausschöpfung der elektrischen Maschine erhöht werden und es ist ein kompakter Aufbau erreichbar.

[0026] Die Darstellung gemäß Fig. 2 zeigt eine elektrische Maschine in der Ausführung einer Asynchronmaschine, ähnlich wie in Fig. 1. Gleiche Elemente der Fig. 1 bis 4 werden mit den selben Bezugszeichen und Ziffern bezeichnet, wobei die jeweils führende Ziffer die entsprechende FIG von 1 bis 4 kennzeichnet. Identische Funktions- und Wirkungszusammenhänge der Fig. 1 bis 4 sind nur in der Beschreibung zu Fig. 1 beschrieben, beziehen sich jedoch sinngemäß auch auf die Fig. 2 bis 4.

[0027] Im Gegensatz zur Fig. 1 sind in Fig. 2 die Wicklungsköpfe 23 mit einem Verguss 220 vergossen. Der Verguss 220 ist zumindest teilweise in wärmeleitendem Kontakt mit dem Kühlmantel 211, so dass eine verstärkte Wärmeabfuhr über den wassergekühlten Kühlmantel 211 erfolgt. Im Bereich der Kontaktfläche zwischen Verguss 220 und der Luft deren hauptsächlichster Verlauf durch die Pfeilkette 219 vorgegeben ist, ist eine strukturierte Oberfläche

221 ausgeführt. Durch die oberflächenvergrößernde Struktur vergrößert sich die der Luft zur Kühlung ausgesetzte Oberfläche, so dass mehr Wärme von den Wicklungsköpfen 23 abgegeben werden kann. Die strukturierte Oberfläche ist gemäß den Strömungsrichtungen die durch die Pfeilkette 219 angedeutet sind auszuführen, wobei eben diese der Strömung der Luft dienlich ist. Demzufolge ist es vorteilhaft, keilförmige Strukturen wie sie beispielhaft in der Fig. 2 als strukturierte Oberfläche 221 angedeutet sind, um 90° gedreht auszuführen. Die Darstellung in der gezeigten Form ergab sich aus Gründen der Anschaulichkeit und figürlichen Darstellbarkeit in einem Querschnitt wie Fig. 2. Damit der Verguss 220 den Luftaustritt 26 in der Ausführungsform von Fig. 1 nicht überdeckt, wurde in Fig. 2 der Luftaustritt 26 zur Welle 222 innerhalb des Lagerschildes 216 verschoben. [0028] Die Darstellung gemäß Fig. 3 zeigt, ähnlich wie Fig. 1 eine Asynchronmaschine. Gleiche Elemente wurden mit den selben Bezugszeichen wie in Fig. 1 versehen, wobei als führende Ziffer nicht die 1 sondern die 3 gewählt wurde. Im Vergleich zur Fig. 1 wird in Fig. 3 ein weiterer Lüfter eingeführt. Der zusätzliche als Drucklüfter 320 ausgeführte Lüfter ist als Eigenlüfter auf die Welle 322 aufgesetzt und führt mit dieser die gleichen rotatorischen Bewegungen durch. Da sich der Drucklüfter 320 in seiner Funktion von dem Sauglüfter 34 unterscheidet, ergeben sich vorteilhafter Weise Änderungen in der Form der Schaufel, welche in ihrer Unterschiedlichkeit jedoch nicht dargestellt sind. Der Drucklüfter 320 zieht über den Lufteintritt 35 Luft entsprechend der Pfeilkette 319 an und drückt diese über die Läuferdurchtritte 37 zum Sauglüfter 34, welcher den Drucklüfter 320 unterstützt und die erwärmte Luft über den Luftaustritt 36 aus der Maschine führt. Aufgrund der Verwendung zweier Eigenlüfter kann die durchgeführte Luftmenge erhöht und somit auch eine bessere Kühlwirkung erzielt werden.

[0029] Die Darstellung gemäß Fig. 4 zeigt eine elektrische Maschine als Asynchronmaschine ähnlich wie Fig. 1, wobei gleiche Elemente mit den selben Bezugszeichen wie in Fig. 1 versehen, jedoch als führende Ziffer nicht die 1 sondern die 4 gewählt wurde. Im Vergleich zur Fig. 1 ist sowohl der Lufteintritt 45 als auch der Luftaustritt 46 innerhalb des Lagerschildes 416 näher zum Kühlmantel 411 gerückt. Ziel dieser Veränderung ist es, eine zumindest teilweise Durchströmung der Wicklungsköpfe 43 durch die Luft, welche in ihrem Verlauf durch die Pfeilkette 419 dargestellt ist, zu erreichen um besser zu kühlen. Der Pfeil durch den Wicklungskopf 420 gibt an, dass zumindest ein Teil der Luft die über den Lufteintritt 45 zugeführt wird, durch den Wicklungskopf 43 strömt und diesen zusammen mit der Luft, welche am Wicklungskopf 43 vorbeiströmt, verstärkt kühlt. Nach der Kühlung des Wicklungskopfes 43 wird die Luft über den bzw. die Läuferdurchtritte 47 in die rechtsseitige Hälfte der dargestellten elektrischen Maschine geführt, wobei sie durch den Sauglüfter 44 angesogen wird. Über den Sauglüfter 44 wird die Luft zur Kühlung ähnlich wie beim Lufteintritt 45 über den rechtsseitigen Wicklungskopf 43 zum Luftaustritt 46 geführt. Der Verlauf der Luft erfolgt vorteilhafter Weise wie beim linksseitigen Wicklungskopf 43, sowohl durch diesen als auch an diesen vorbei, so dass im Vergleich zur Fig. 1 eine verbesserte Kühlung der Wicklungsköpfe 43 erzielbar ist.

#### Patentansprüche

1. Elektrische Maschine, mit Wicklungsköpfen, mit wassergekühltem Ständer (11, 21, 31, 41) und luftgekühltem Läufer (12, 22, 32, 42), dadurch gekennzeichnet, dass der Läufer (12, 22, 32, 42) durchzugbe-

lüftet ist und dass die elektrische Maschine zum Antrieb eines Fahrzeugs vorgesehen ist.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ständer (11, 21, 31, 41) Kühlnähe (18, 28, 38, 48) aufweist.

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine einen Kühlmantel (111, 211, 311, 411) aufweist.

4. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklungsköpfe (13, 23, 33, 43) einen Verguss (220) aufweisen.

5. Elektrische Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Verguss (220) der Wicklungsköpfe (13, 23, 33, 43) oberflächenvergrößernde Strukturen aufweist.

6. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine zumindest einen Fremdlüfter aufweist.

7. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine zumindest einen Eigenlüfter aufweist.

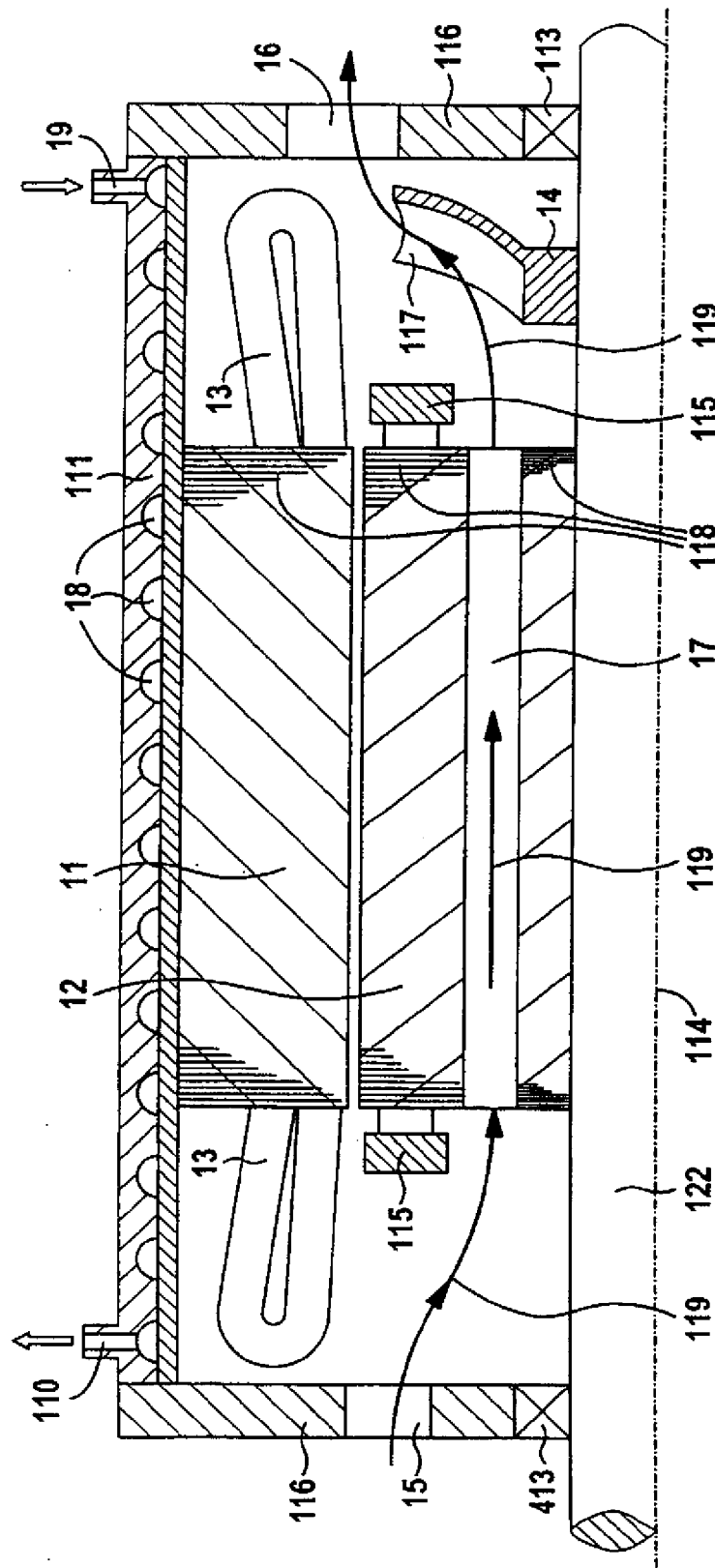
8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Eigenlüfter ein Sauglüfter (14, 24, 34, 44) vorgesehen ist.

9. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der Kühlluft durch die Wicklungsköpfe (13, 23, 33, 43) geführt ist.

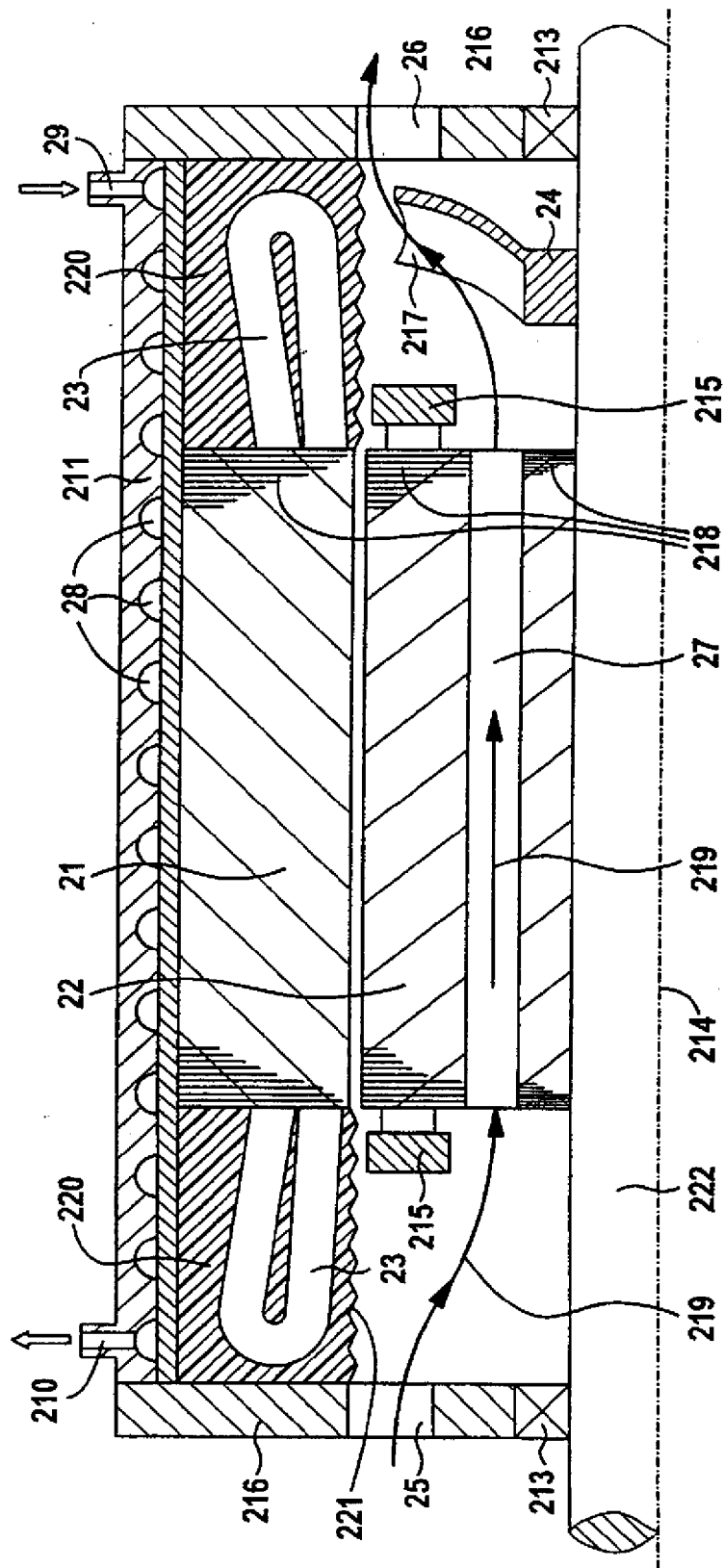
---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---



**FIG 1**



**FIG 2**

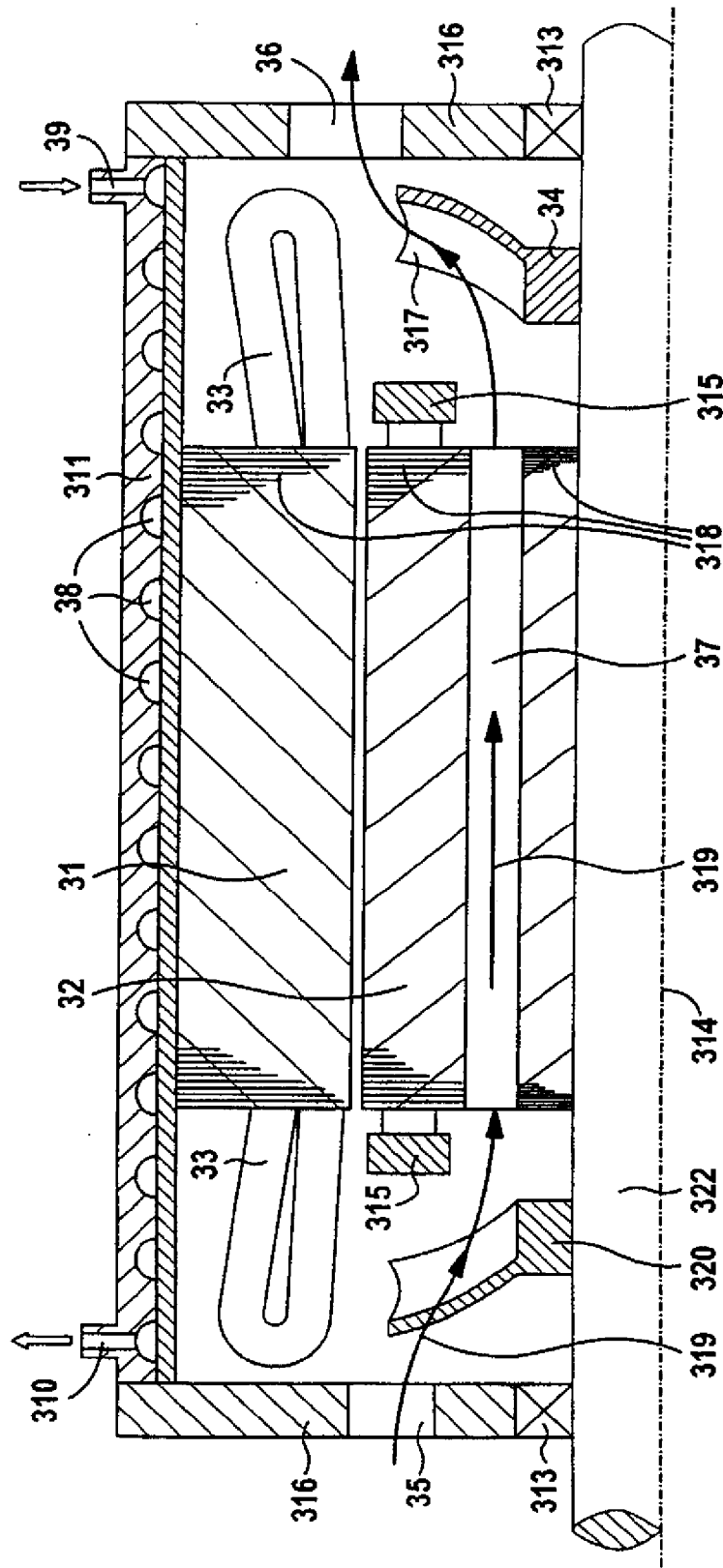


FIG 3

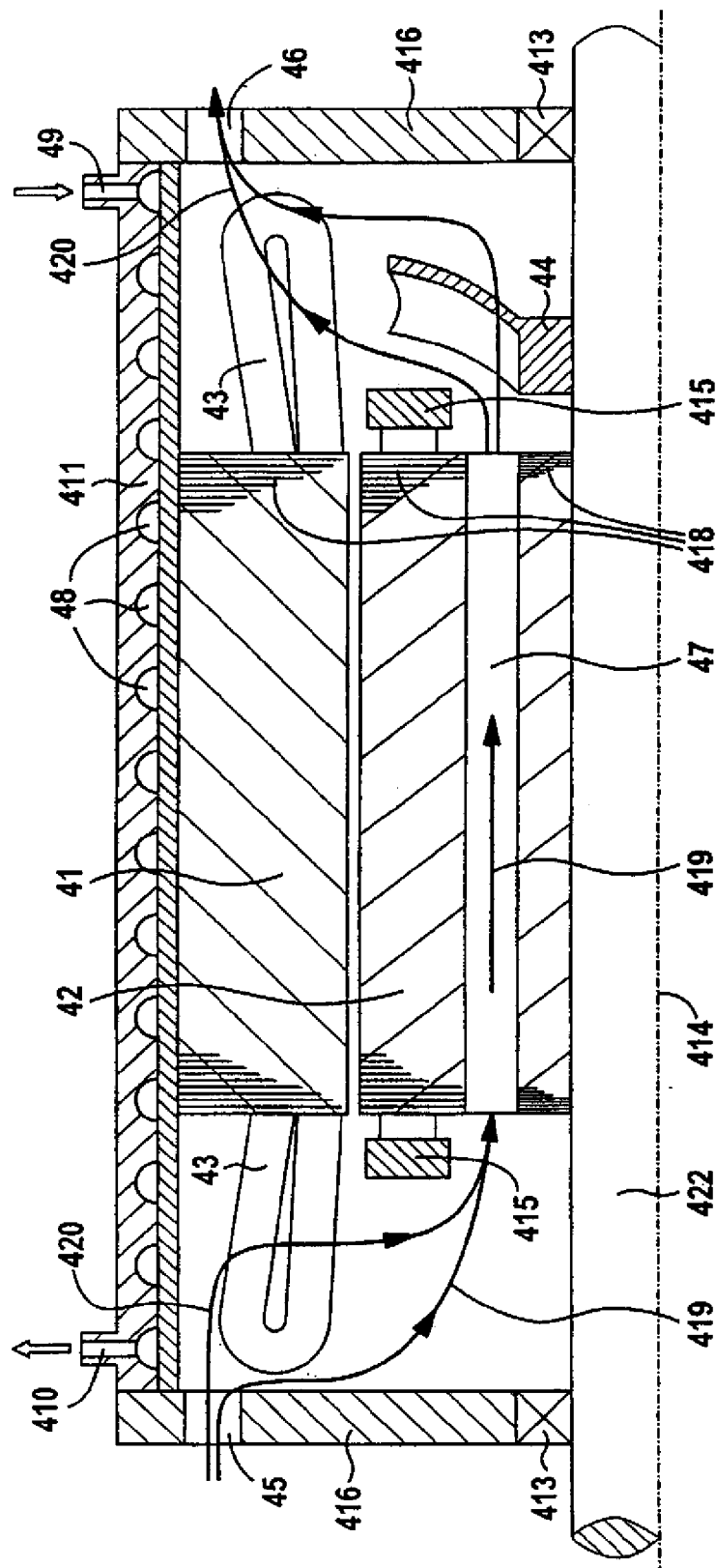


FIG 4